

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-403098

出 願 人

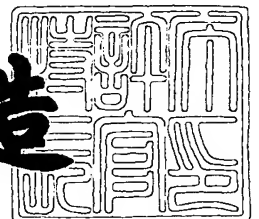
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2001年10月19日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3091656

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005401

【提出日】 平成12年12月28日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 中村 理

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 梶原 誠之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 肥塚 純一

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非晶質構造を有する半導体膜に金属元素を添加する工程と、

前記非晶質構造を有する半導体膜に第 1 の強光を照射して結晶構造を有する半導体膜を形成する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜にレーザー光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に第 2 の強光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に、希ガス元素を添加した不純物領域を形成する工程と、

前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記希ガス元素は H e、N e、A r、K r、X e から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において前記ゲッタリングを行う工程は、加熱処理であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 において前記ゲッタリングを行う工程は、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する処理であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

非晶質構造を有する半導体膜に金属元素を添加する工程と、

前記非晶質構造を有する半導体膜に第 1 の強光を照射して結晶構造を有する半導体膜を形成する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜にレーザー光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に第 2 の強光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の不純物と希ガス元素とを添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 5 において、前記一導電型の不純物は周期表 15 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 5 において、前記一導電型の不純物は周期表 13 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

非晶質構造を有する半導体膜に金属元素を添加する工程と、

前記非晶質構造を有する半導体膜に第 1 の強光を照射して結晶構造を有する半導体膜を形成する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜にレーザー光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に第 2 の強光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に、周期表 15 族元素と周期表 13 族元素と希ガス元素とを添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 において、前記第 1 の強光は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 において、前記第 2 の強光は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムラン

ブ、または高圧水銀ランプから射出された光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 1】

結晶構造を有する半導体膜に、希ガス元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行った後、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、前記強光は、赤外光、可視光、または紫外光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 において、前記強光は、エキシマレーザ、YAGレーザ、 YVO_4 レーザ、またはYLFレーザから射出された光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 4】

非晶質構造を有する第 1 の半導体膜の第 1 の領域に、選択的に金属元素を添加する第 1 の工程と、

前記第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 の半導体膜における前記第 1 の領域に、希ガス元素を添加する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、前記第 1 の領域に、前記第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 5】

非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、金属元素を添加する第 1 の工程と、

前記第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 の半導体膜に、一導電型の不純物と希ガス元素とを添加した不純物領域を形成する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、前記不純物領域に、前記第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 6】

非晶質構造を有する第 1 の半導体膜の第 1 の領域に、選択的に金属元素を添加する第 1 の工程と、

前記第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、

前記第 2 の半導体膜における前記第 1 の領域に、一導電型の不純物と希ガス元素とを添加する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、前記第 1 の領域に、前記第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 1 乃至請求項 1 6 のいずれか一において、前記希ガス元素は H e、N e、A r、K r、X e から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 5 または請求項 1 6 において、前記一導電型の不純物は周期表 1 5 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 5 または請求項 1 6 において、前記一導電型の不純物は、周期表 1 3 族元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 乃至請求項 1 9 のいずれか一において、前記金属元素は F e、N i、C

o、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 1 乃至請求項 2 0 のいずれか一において、前記強光は、赤外光、可視光、または紫外光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 1 乃至請求項 2 0 のいずれか一において、前記強光は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明はゲッタリング技術を用いた半導体装置の作製方法及び、当該作製方法により得られる半導体装置に関する。特に本発明は、半導体膜の結晶化において触媒作用のある金属元素を添加して作製される結晶質半導体膜を用いた半導体装置の作製方法並びに半導体装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

結晶構造を有する半導体膜（以下、結晶質半導体膜という）を用いた代表的な半導体素子として薄膜トランジスタ（以下、T F Tと記す）が知られている。T F Tはガラスなどの絶縁基板上に集積回路を形成する技術として注目され、駆動回路一体型液晶表示装置などが実用化されつつある。従来からの技術において、結晶質半導体膜は、プラズマC V D法や減圧C V D法で堆積した非晶質半導体膜を、加熱処理やレーザーアニール法（レーザー光の照射により半導体膜を結晶化させる技術）により作製されている。

【0 0 0 3】

こうして作製される結晶質半導体膜は多数の結晶粒の集合体であり、その結晶方位は任意な方向に配向して制御不能であるため、T F Tの特性を制限する要因と

なっている。このような問題点に対し、特開平7-183540号公報で開示される技術は、ニッケルなど半導体膜の結晶化に対し触媒作用のある金属元素を添加して結晶質半導体膜を作製するものであり、結晶化に必要とする加熱温度を低下させる効果ばかりでなく、結晶方位の配向性を単一方向に高めることが可能である。このような結晶質半導体膜でTFTを形成すると、電界効果移動度の向上のみでなく、サブスレッシュOLD係数（S値）が小さくなり、飛躍的に電気的特性を向上させることが可能となっている。

【0004】

しかし、触媒作用のある金属元素を添加する故に、結晶質半導体膜の膜中或いは膜表面には、当該金属元素が残存し、得られる素子の特性をばらつかせるなどの問題がある。その一例は、TFTにおいてオフ電流が増加し、個々の素子間でばらつくなどの問題がある。即ち、結晶化に対し触媒作用のある金属元素は、一旦、結晶質半導体膜が形成されてしまえば、かえって不要な存在となってしまう。

【0005】

リンを用いたゲッタリングは、このような金属元素を結晶質半導体膜の特定の領域から除去するための手法として有効に活用されている。例えば、TFTのソース・ドレイン領域にリンを添加して450～700℃の熱処理を行うことで、チャネル形成領域から当該金属元素を容易に除去することが可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

リンはイオンドープ法（ PH_3 などをプラズマで解離して、イオンを電界で加速して半導体中に注入する方法であり、基本的にイオンの質量分離を行わない方法を指す）で結晶質半導体膜に注入するが、ゲッタリングのために必要なリン濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上である。イオンドープ法によるリンの添加は、結晶質半導体膜の非晶質化をもたらすが、リン濃度の増加はその後のアニールによる再結晶化の妨げとなり問題となっている。また、高濃度のリンの添加は、ドーピングに必要な処理時間の増大をもたらし、ドーピング工程におけるスループットを低下させるので問題となっている。

【0007】

さらに、pチャネル型TFTのソース・ドレイン領域に添加したリンに対し、その導電性を反転させるために必要な硼素の濃度は1.5～3倍が必要であり、再結晶化の困難さに伴って、ソース・ドレイン領域の高抵抗化をもたらす問題となっている。

【0008】

本発明はこのような問題を解決するための手段であり、半導体膜の結晶化に対して触媒作用のある金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜に残存する当該金属元素を効果的に除去する技術を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

ゲッターリング技術は単結晶シリコンウエハーを用いる集積回路の製造技術において主要な技術として位置付けられている。ゲッターリングは半導体中に取り込まれた金属不純物が、何らかのエネルギーでゲッターリングサイトに偏析して、素子の能動領域の不純物濃度を低減させる技術として知られている。それは、エクストリンシックゲッターリング(Extrinsic Gettering)とイントリンシックゲッターリング(Intrinsic Gettering)の二つに大別されている。エクストリンシックゲッターリングは外部から歪場や化学作用を与えてゲッターリング効果をもたらすものである。高濃度のリンを単結晶シリコンウエハーの裏面から拡散させるリンゲッタはこれに当たり、前述の結晶質半導体膜に対するリンを用いたゲッターリングもエクストリンシックゲッターリングの一種と見なすことができる。

【0010】

一方、イントリンシックゲッターリングは単結晶シリコンウエハーの内部に生成された酸素が関与する格子欠陥の歪場を利用したものとして知られている。本発明は、このような格子欠陥、或いは格子歪みを利用したイントリンシックゲッターリングに着目したものであり、厚さ10～100nm程度の結晶質半導体膜に適用するために以下の手段を採用するものである。

【0011】

本発明は結晶構造を有する半導体膜に、希ガス元素(希ガスとも呼ばれる)を添加した不純物領域を形成し、加熱処理により前記不純物領域に半導体膜に含まれ

る金属元素を偏析させるゲッタリングを行った後、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射することを特徴としている。

【0012】

希ガス元素はHe、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた一種または複数種であり、これらのイオンを電界で加速して半導体膜に注入することにより、ダングリングボンドや格子歪みを形成してゲッタリングサイトを形成することができる。

【0013】

また、希ガス元素を添加した不純物領域に一導電型の不純物を添加してもよく、当該不純物領域には、希ガス元素及び一導電型の不純物が共に含まれる。一導電型不純物は周期表15族元素或いは周期表13族元素が適用される。加えて、当該不純物領域に水素を添加してもよく、当該不純物領域には、希ガス元素、一導電型の不純物、及び水素が共に含まれる。

【0014】

また、希ガス元素を添加した不純物領域に周期表15族元素及び周期表13族元素を添加してもよく、当該不純物領域には、希ガス元素、周期表15族元素、及び周期表13族元素が共に含まれる。

【0015】

また、希ガス元素を添加した不純物領域に周期表15族元素、周期表13族元素、及び水素を添加してもよく、不純物領域には、希ガス元素、周期表15族元素、周期表13族元素、及び水素が共に含まれる。

【0016】

このように希ガス元素を用いる結晶質半導体膜の作製方法は、非晶質構造を有する第1の半導体膜に、金属元素を添加する第1の工程と、第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、第2の半導体膜に希ガス元素を添加した不純物領域を形成する第3の工程と、第3の工程の後に、第2の加熱処理により、不純物領域に、第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第5の工程とを有している。

【0017】

または、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、第 2 の半導体膜に、一導電型の不純物と希ガス元素とを添加した不純物領域を形成する第 3 の工程と、第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、不純物領域に、第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有している。

【 0 0 1 8 】

または、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜に、金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、第 2 の半導体膜に、周期表 1 5 族元素と周期表 1 3 族元素と希ガス元素とを添加した不純物領域を形成する第 3 の工程と、第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、不純物領域に、第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有している。

【 0 0 1 9 】

また、本発明は、レジストや酸化珪素膜からなるマスクを用いて、選択的に金属元素を添加してもよい。

【 0 0 2 0 】

本発明は、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜の第 1 の領域に、選択的に金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第 2 の半導体膜を形成する第 2 の工程と、第 2 の半導体膜における前記第 1 の領域に、希ガス元素を添加する第 3 の工程と、第 3 の工程の後に、第 2 の加熱処理により、第 1 の領域に、第 2 の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第 4 の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第 5 の工程とを有している。

【 0 0 2 1 】

または、非晶質構造を有する第 1 の半導体膜の第 1 の領域に、選択的に金属元素を添加する第 1 の工程と、第 1 の半導体膜を第 1 の加熱処理により結晶化させ、

結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、第2の半導体膜における前記第1の領域に、一導電型の不純物と希ガス元素とを添加する第3の工程と、第3の工程の後に、第2の加熱処理により、第1の領域に、第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第5の工程とを有している。

【0022】

または、非晶質構造を有する第1の半導体膜の第1の領域に、選択的に金属元素を添加する第1の工程と、第1の半導体膜を第1の加熱処理により結晶化させ、結晶構造を有する第2の半導体膜を形成する第2の工程と、第2の半導体膜における前記第1の領域に、周期表15族元素と周期表13族元素と希ガス元素とを添加する第3の工程と、第3の工程の後に、第2の加熱処理により、第1の領域に、第2の半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う第4の工程と、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する第5の工程とを有している。

【0023】

このような工程を経て作製される半導体装置は、一導電型の不純物領域に、金属元素と、希ガス元素が共に含まれていることを特徴としている。加えて、前記一導電型の不純物領域に水素が含まれていてもよい。

【0024】

または、結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の不純物領域と、前記一導電型の不純物領域に接するチャネル形成領域が設けられ、前記一導電型の不純物領域に、金属元素と希ガス元素とが共に含まれていることを特徴としている。加えて、前記一導電型の不純物領域に水素が含まれていてもよい。

【0025】

または、一導電型の第1の不純物領域に接して第2の不純物領域が設けられ、第2の不純物領域には金属元素と、希ガス元素が共に含まれていることを特徴としている。加えて、前記第2の不純物領域に水素が含まれていてもよい。

【0026】

または、結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の第1の不純物領域と、第1の

不純物領域に接する第2の不純物領域と、第1の不純物領域に接するチャンネル形成領域とが設けられ、第2の不純物領域に、金属元素と希ガス元素とが共に含まれていることを特徴としている。加えて、前記第2の不純物領域に水素が含まれていてもよい。

【0027】

または、結晶構造を有する半導体膜に、一導電型の第1の不純物領域と、第1の不純物領域に接する第2の不純物領域と、第1の不純物領域に接するチャンネル形成領域とが設けられ、第2の不純物領域に、金属元素と周期表15族元素と周期表13族元素と希ガス元素とが共に含まれていることを特徴としている。加えて、前記第2の不純物領域に水素が含まれていてもよい。

【0028】

上記本発明の各構成において、当該金属元素はFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種である。

【0029】

上記本発明の各構成において、強光とは、赤外光、可視光、または紫外光である。また、強光は、光の波長が、 $10\mu\text{m}$ 以下であり、且つ、主な波長領域が赤外光領域である光を指しており、例えば、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、または水銀ランプから射出された光であってもよい。これらを光源とする強光による加熱処理法は、瞬間熱アニール (Rapid Thermal Anneal: 以下、RTAと記す) とよばれ数十秒から数マイクロ秒の間で瞬間的に熱を加えて行う熱処理技術として知られている。また、強光は、エキシマレーザ、YAGレーザ、 YVO_4 レーザ、またはYLFレーザから射出された光であってもよい。これらの強光を照射することによって結晶構造を有する半導体膜の抵抗値を下げることができる。

【0030】

以上説明したように、本発明は希ガス元素を用いて半導体膜に含まれる金属元素をゲッタリングする技術を提供する。

【0031】

また、本発明は、結晶構造を有する半導体膜を形成する技術も提供する。

【 0 0 3 2 】

また、本発明は、非晶質構造を有する半導体膜に金属元素を添加する工程と、
前記非晶質構造を有する半導体膜に第 1 の強光を照射して結晶構造を有する半導体膜を形成する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜にレーザー光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に第 2 の強光を照射する工程と、

前記結晶構造を有する半導体膜に、希ガス元素を添加した不純物領域を形成する工程と、

前記不純物領域に、前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法を提供する。

【 0 0 3 3 】

上記構成において、前記ゲッタリングを行う工程は、加熱処理であることを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

また、上記構成において、前記ゲッタリングを行う工程を、前記結晶構造を有する半導体膜に強光を照射する処理としてもよい。この場合、加熱炉を使用することなく結晶構造を有する半導体膜を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

また、複数の加熱処理または複数の強光の照射を行うことで、半導体膜に形成されるリッジの平坦化を図ることができる。

【 0 0 3 6 】

また、上記構成において、希ガス元素に加え、さらに周期表 1 5 族元素、周期表 1 3 族元素、または水素のいずれか一種または複数種を添加してもよい。

【 0 0 3 7 】

以下、実施の形態により本発明をより詳細に説明する。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

[実施の形態 1]

図 1 は本発明の一実施形態を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作

用のある金属元素を全面に添加して結晶化した後、ゲッタリングを行う方法である。

【0039】

図1 (A) において、基板101はバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板101の表面には、ブロッキング層102として無機絶縁膜を10～200nmの厚さで形成する。好適なブロッキング層の一例は、プラズマCVD法で作製される酸化窒化シリコン膜であり、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される第1酸化窒化シリコン膜を50nmの厚さに形成し、 SiH_4 と N_2O から作製される第2酸化窒化珪素膜を100nmの厚さに形成したものが適用される。ブロッキング層102はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略することも可能である。

【0040】

ブロッキング層102の上に形成する非晶質構造を有する半導体膜103は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10～100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質構造を有する半導体膜103に含まれる酸素、窒素、炭素などの不純物濃度を極力低減する必要がある、高純度の材料ガスを用いることはもとより、超高真空対応のCVD装置を用いることが望ましい。

【0041】

その後、非晶質構造を有する半導体膜103の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する。半導体膜の結晶化を促進する触媒作用のある金属元素としては鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。代表的にはニッケルを用い、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層104を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするため

に、非晶質構造を有する半導体膜 1 0 3 の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【 0 0 4 2 】

勿論、触媒含有層 1 0 4 はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【 0 0 4 3 】

次に、第 1 の強光の照射を行い、結晶化を行う。こうして、図 1 (B) に示す結晶質半導体膜 1 0 5 が形成される。この第 1 の強光は、赤外光、可視光、または紫外光のいずれか一またはそれらの組み合わせを用いることが可能であるが、代表的には、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いる。(図 1 (B)) なお、必要であれば、第 1 の強光を照射する前に非晶質構造を有する半導体膜 1 0 3 に含有する水素を放出させる熱処理を行ってもよい。

【 0 0 4 4 】

次いで、結晶化率(膜の全体積における結晶成分の割合)を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、結晶質半導体膜 1 0 5 に対してレーザー光を照射することも有効である。レーザーには波長 4 0 0 nm 以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第 2 高調波、第 3 高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数 1 0 ~ 1 0 0 0 Hz 程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて 1 0 0 ~ 4 0 0 mJ/cm² に集光し、9 0 ~ 9 5 % のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜 1 0 5 に対するレーザー処理を行っても良い。

【 0 0 4 5 】

このようにして得られる結晶質半導体膜 1 0 5 には、金属元素(ここではニッケル)が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的

な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFTをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、より好ましくはゲッタリングにより当該元素を除去することが望ましい。

【0046】

さらに、結晶質半導体膜105に第2の強光の照射を行い、金属元素（ここではニッケル）を膜中に分散させる。この第2の強光は、赤外光、可視光、または紫外光のいずれか一またはそれらの組み合わせを用いることが可能であるが、代表的には、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いる。

【0047】

図2（A）は不純物領域（以下、ゲッタリングサイトとも呼ぶ）108を形成するために、イオンドープ法で希ガス元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を結晶質半導体膜105の一部に添加する工程を示している。イオンドープ法を用いた場合、原料ガスとしては、Arガス、水素で希釈したフォスフィン（ PH_3 ）とArガスとの混合ガス、水素で希釈したジボラン（ B_2H_6 ）とArガスとの混合ガス、アルゴンで希釈したフォスフィン（ PH_3 ）、またはアルゴンで希釈したジボラン（ B_2H_6 ）などを用いることができる。

【0048】

結晶質半導体膜105の表面には、レジストからなるマスク107で形成されたマスク用の酸化窒化シリコン膜106が100～200nmの厚さに形成され、開孔部が設けられ結晶質半導体膜が露出した領域に希ガス元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素とを添加する。当該元素の結晶質半導体膜中における濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ とする。

【0049】

希ガス元素としてはヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）から選ばれた一種または複数種を用いる。本発明はゲッタリングサイトを形成するためにこれら不活性気体をイオンソースとして用い、イオンドープ法或いはイオン注入法で半導体膜に注入することに特

徴を有している。これら不活性気体のイオンを注入する意味は二つある。一つは注入によりダングリングボンドを形成し半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に当該イオンを注入することで歪みを与えることである。不活性気体のイオンを注入はこの両者を同時に満たすことができるが、特に後者はアルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe) などシリコンより原子半径の大きな元素を用いた時に顕著に得られる。また、希ガス元素を注入することにより、格子歪だけでなく、不對結合手も形成されゲッタリング作用に寄与する。また、希ガス元素に加えて、一導電型の不純物元素であるリンを半導体膜に注入した場合、リンのクーロン力を利用してゲッタリングを行うことができる。また、希ガス元素に加えて、水素を半導体膜に注入した場合、形成される不對結合手を利用してゲッタリングを行うことができる。

【0050】

次いで、レジストからなるマスク107を除去した後、ゲッタリングサイトへ前記半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行う工程を行う。(図2(B))

【0051】

ゲッタリングを行う工程としては、窒素雰囲気中で450~800℃、1~24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行えばよい。また、熱処理に代えて強光を照射してもよい。また、熱処理に加えて強光を照射してもよい。ただし、ゲッタリングの加熱手段に、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いるRTA法を用いる場合、半導体膜の加熱温度が400℃~550℃となるように強光を照射することが望ましい。あまり高い加熱温度としてしまうと半導体膜中の歪みが無くなってしまい、ニッケルシリサイドからニッケルを飛び出させる作用やニッケルを捕獲する作用が消えてしまうため、ゲッタリング効率が低下してしまう。

【0052】

ついで、マスク106をそのまま結晶質半導体膜のパターニングに用いる。パターニングを行って、ゲッタリングサイトを除去して結晶質半導体膜を所望の形状

とした後、マスク106を除去する。

【0053】

また、マスクを除去した後、さらに550℃～650℃の熱処理または強光の照射を行うことによって主に半導体膜表面の平坦化を行ってもよい。

【0054】

こうして、図2(C)に示すように金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜109が得られる。上記本発明により形成された結晶質珪素膜109は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0055】

この結晶質珪素膜109をTFTの活性層として用い、図2(D)に示すようなTFTを完成させることができる。

【0056】

また、微小な半導体層を形成する場合においては、本実施の形態において、希ガス元素のみを添加してゲッタリングを行うことが望ましい。希ガス元素のみを添加してゲッタリングを行う場合、リンを用いてゲッタリングを行った場合と比較して、微小な半導体層を形成しても、TFT特性に影響を与えないため有効である。

【0057】

[実施の形態2]

半導体膜の結晶化を助長する元素を選択的に形成する方法を説明する。基板としてガラス基板を用いる場合にはブロッキング層を設ける。また、非晶質構造を有する半導体膜も実施の形態1と同様に作製する。

【0058】

そして、非晶質構造を有する半導体膜上に100～200nmの厚さの酸化珪素膜を形成する。酸化珪素膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) と O_2 とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させ形成する。

【0059】

次に、酸化珪素膜に開口部を形成し、重量換算で1～10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、触媒金属含有層が形成され、それは開口部の底部のみで半導体膜と接触する。

【0060】

次いで、加熱処理の温度500～650℃で4～24時間、例えば570℃にて14時間の熱処理を行い、結晶化を行う。この場合、結晶化は触媒となる金属元素が接した半導体膜の部分でシリサイドが形成され、それを核として基板の表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質珪素膜は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。

【0061】

次いで、開口部を利用して、同様にイオンドープ法で希ガス元素、或いは当該元素と一導電型の不純物元素を添加してゲッターリングサイトを形成する。ゲッターリングは窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、ゲッターリングサイト115に金属元素を偏析させることができる。また、熱処理に代えて強光を照射してもよい。また、熱処理に加えて強光を照射してもよい。ただし、ゲッターリングの加熱手段に、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いるRTA法を用いる場合、半導体膜の加熱温度が400℃～550℃となるように強光を照射することが望ましい。あまり高い加熱温度としてしまうと半導体膜中の歪みが無くなってしまい、ニッケルシリサイドからニッケルを飛び出させる作用やニッケルを捕獲する作用が消えてしまうため、ゲッターリング効率が低下してしまう。

【0062】

その後、エッチングによりゲッターリングサイトを除去すると、金属元素の濃度が低減された結晶質半導体膜が得られる。

【0063】

[実施の形態3]

触媒作用のある金属元素を用いて形成された半導体膜を用いてTFTのチャネル形成領域やソース領域及びドレイン領域などの不純物領域を形成することができる。ここでは、TFTの作製工程において当該金属元素を該不純物領域をゲッタリングサイトとして、チャネル形成領域207から除去する方法について説明する。

【0064】

図3(A)において、基板201、ブロッキング層202、半導体膜203は実施の形態1または実施の形態2のいずれか一方を用いて同様にして作製されるものである。半導体膜203の上層に形成する絶縁膜はTFTのゲート絶縁膜として用いるものであり、酸化シリコンや窒化酸化シリコン膜で30~150nm、代表的には80nmの厚さに形成する。ゲート電極205はタングステン、タンタル、チタン、モリブデンなどの金属材料またはこれらの合金で形成するのが好ましい。

【0065】

不純物領域206はnチャネル型TFTであればドナーとして代表的にはリンが添加される。また、pチャネル型TFTであればアクセプタとして硼素が添加されて形成される。いずれにしても、不純物領域206はイオンドープ法により形成することが可能であり、リンを添加する場合には PH_3 を、また硼素を添加する場合には B_2H_6 を用いる。これらは通常水素で希釈されて供給される。この不純物領域を効果的なゲッタリングサイトとするためには、イオンドープ法にてドナーまたはアクセプタの添加と同時に、或いはその前か後に希ガス元素を注入する。この不純物領域206は、後にソース領域またはドレイン領域となる。

【0066】

希ガス元素を添加した半導体膜の領域は結晶構造が破壊され非晶質化する。希ガス元素はシリコンと結合せずに、格子間に存在するが、当該元素の濃度が高い場合には格子が歪んだまま残り、その後の加熱処理によって再結晶化させることが困難になる。一方、ゲッタリングサイトを形成する目的からは、歪みを大きくした方が当該金属元素を偏析させる効果がより増大する。

【0067】

その後、図 3 (B) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 2 0 8 を形成し、窒素雰囲気中で 4 5 0 ~ 8 0 0 °C、1 ~ 2 4 時間、例えば 5 5 0 °C にて 1 4 時間の熱処理を行うと、不純物領域 2 0 6 がゲッタリングサイトとなり、チャンネル形成領域 2 0 7 からその領域に金属元素を偏析させることができる。従って、不純物領域にはドナーまたはアクセプタと金属元素が共に存在することになる。なお、ここでパッシベーション膜として酸化窒化シリコン膜を用いた場合、ゲッタリングと同時にパッシベーション膜中に含まれる水素が拡散して半導体膜の水素化を行うことができる。この工程はパッシベーション膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。

【 0 0 6 8 】

また、ここでは同時にゲッタリングと水素化とを行った例を示したが、ゲッタリングの加熱処理と、水素化の加熱処理（例えば 4 1 0 °C の熱処理）とを順次に行ってもよい。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。

【 0 0 6 9 】

次いで、強光を照射して不純物領域に添加された一導電型を付与する不純物元素を活性化させて不純物領域の低抵抗化を行う。パッシベーション膜が窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜であるので、YAG レーザー（第 2 高調波、第 3 高調波）や強光（ランプ加熱手段からの光）のいずれか一またはそれらの組み合わせを用いることが望ましい。また、パッシベーション膜に酸化シリコンを用いた場合には波長 4 0 0 nm 以下のエキシマレーザーや YAG レーザー（第 2 高調波、第 3 高調波）や強光（ランプ加熱手段からの光）のいずれか一またはそれらの組み合わせを用いることができる。なお、ここで熱処理により活性化を行ってもよいが、上述したように熱処理のみでは再結晶化が困難であるので、強光の照射または両方で行うことが望ましい。

【 0 0 7 0 】

次いで、層間絶縁膜を形成し、ソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、さらに導電膜を積層した後、パターニングを行ってソース電

極及びドレイン電極を形成して、nチャネル型TFTまたはpチャネル型TFTが完成する。また、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを組み合わせ、CMOS回路を形成することも可能である。

【0071】

[実施の形態4]

ここでは、実施の形態3とは、パッシベーション膜の形成工程後の作製工程順序が異なる例を示す。

【0072】

まず、実施の形態3に示した図3(B)と同じ状態を得る。パッシベーション膜の形成後、ゲッタリングを行う。窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、不純物領域がゲッタリングサイトとなり、チャネル形成領域からその領域に金属元素を偏析させることができる。このゲッタリングを行う熱処理の際、活性化を行ってもよい。また、このゲッタリングを行う熱処理に代えて、強光を照射することによってゲッタリングと活性化とを同時に行ってもよい。ただし、ゲッタリングの加熱手段に、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いるRTA法を用いる場合、半導体膜の加熱温度が400℃～550℃となるように強光を照射することが望ましい。あまり高い加熱温度としてしまうと半導体膜中の歪みが無くなってしまい、ニッケルシリサイドからニッケルを飛び出させる作用やニッケルを捕獲する作用が消えてしまうため、ゲッタリング効率が低下してしまう。

【0073】

次いで、窒素雰囲気中で300～550℃で1～12時間の熱処理、例えば410℃、1時間の熱処理を行って水素化を行う。この工程はパッシベーション膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。

【0074】

次いで、層間絶縁膜を形成し、ソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、さらに導電膜を積層した後、パターニングを行ってソース電

極及びドレイン電極を形成して、nチャネル型TFTまたはpチャネル型TFTが完成する。また、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを組み合わせ、CMOS回路を形成することも可能である。

【0075】

[実施の形態5]

ここでは、実施の形態3とは希ガス元素及び一導電型を付与する不純物元素の添加後の工程順序が異なる例を図4に示す。

【0076】

まず、実施の形態3に示した図3(A)と同じ状態を得る。(図4(A)) 図4に示すように、基板301上にブロッキング層302、半導体膜303、絶縁膜304、ゲート電極305を形成する。そして、ゲート電極305をマスクとして、半導体膜303の端部に希ガス元素のいずれか一種または複数種を添加してゲッタリングサイトを形成する。

【0077】

その後、ゲッタリングサイトヘドナー又はアクセプタを添加して不純物領域306を形成する。この不純物領域306は、後にソース領域またはドレイン領域となる。

【0078】

次いで、図4(B)に示すように、窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行うと、不純物領域306がゲッタリングサイトとなり、チャネル形成領域307からその領域に金属元素を偏析させることができる。このゲッタリングを行う熱処理の際、活性化を行ってもよい。また、このゲッタリングを行う熱処理に代えて、強光を照射することによってゲッタリングと活性化とを同時に行ってもよい。ただし、ゲッタリングの加熱手段に、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いるRTA法を用いる場合、半導体膜の加熱温度が400℃～550℃となるように強光を照射することが望ましい。あまり高い加熱温度としてしまうと半導体膜中の歪みが無くなってしまい、ニッケルシリサイドからニッケルを

飛び出させる作用やニッケルを捕獲する作用が消えてしまうため、ゲッタリング効率が低下してしまう。

【 0 0 7 9 】

次いで、図 4 (C) に示すように、窒化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜でパッシベーション膜 3 0 8 を形成し、窒素雰囲気中で 3 0 0 ~ 5 5 0 °C で 1 ~ 1 2 時間の熱処理、例えば 4 1 0 °C、1 時間の熱処理を行って水素化を行う。

【 0 0 8 0 】

次いで、層間絶縁膜を形成し、ソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、さらに導電膜を積層した後、パターニングを行ってソース電極及びドレイン電極を形成して、nチャネル型 T F T または pチャネル型 T F T が完成する。また、nチャネル型 T F T と pチャネル型 T F T とを組み合わせる C M O S 回路を形成することも可能である。

【 0 0 8 1 】

[実施の形態 6]

図 5 は半導体膜に格子歪み、或いは欠陥を生成するために導入する希ガス元素の添加について説明する図である。実施の形態 1 ~ 5 で説明したゲッタリングは半導体膜の素子形成領域の一部にゲッタリングサイトを形成する例を示している。その場合、ゲッタリングサイトは加熱処理により再結晶化できることが望ましいと考えられる。

【 0 0 8 2 】

シリコンを主成分とする半導体膜に対し、高濃度の希ガス元素はしばしば再結晶化を妨げる要因となる。再結晶化を確実なものとするためには、注入する希ガス元素の濃度分布に注意を要する。図 5 において、半導体膜 5 0 1、絶縁膜 5 0 4、ゲート電極 5 0 5 の構成は図 3 と同様である。希ガス元素は絶縁膜 5 0 4 を通して半導体膜 5 0 1 に注入される。注入される当該元素は、加速電圧に依存するが、絶縁膜 5 0 4 から半導体膜 5 0 1 の厚さ方向に渡って図 5 に挿入したグラフに示すように濃度分布を持つ。

【 0 0 8 3 】

半導体膜 5 0 1 において、希ガス元素は絶縁膜 5 0 4 側で高く、その反対側は低

くなる。非晶質化は希ガス元素が注入される濃度に依存し、その濃度が低いと結晶成分を残存させることができる。その境界を明瞭に区別することはできないが、図5で示すように希ガス元素が添加され非晶質化した領域502と、希ガス元素が添加されているものの、結晶成分が残存している領域503とに分けて見ることができる。

【0084】

結晶成分が残存している領域503があると、ゲッタリングを伴う加熱処理により再結晶化させることが容易となる。即ち、結晶成分が残存している領域503が結晶成長の核となり、非晶質化した領域502の結晶化を促進させることが可能になる。このようなゲッタリングサイトは、イオンドープ法における加速電圧の制御で容易に実現でき、これは、ドナー又はアクセプタのドーピングを伴っていても同様に実現することができる。

【0085】

勿論、本実施形態で示す構成は、実施の形態1～5におけるゲッタリングサイトの形成において適用することができる。

【0086】

[実施の形態7]

ここでは、実施の形態1乃至5のいずれか一において、非晶質半導体膜を熱処理または強光の照射により結晶化させて得られた結晶構造を有する半導体膜表面にエッチングを行う例である。

【0087】

例えば、フッ酸系のエッチャントを用いたウェットエッチングによりニッケルシリサイドを除去し、その後レーザー光を照射してアニールする。以降の工程は、実施の形態1乃至5に従って、結晶構造を有する半導体膜に希ガス元素を添加して、ゲッタリングを行えばよい。

【0088】

上記フッ酸系のエッチャントとしては、フッ酸と過酸化水素水の混合液、FPM（フッ酸、過酸化水素水、純水の混合液）等を用いる。

【0089】

【実施例】

[実施例 1]

本発明の有効性を確認するため、非金属元素 (B、Si、P、As、He、Ne、Ar、Kr、Xe から選ばれた 1 種または複数種) のうち、アルゴン (Ar) を用い、以下の実験を行った。

【0090】

半導体膜は 50 nm の非晶質シリコン膜に 10 ppm の酢酸ニッケル含有水溶液を塗布した後、500℃にて 1 時間の脱水素処理と、550℃にて 4 時間の加熱処理により結晶化させた結晶質半導体膜を用いた。この結晶化半導体膜をパターンニングした後、90 nm の酸化珪素膜を形成した。そして、ゲッタリングサイトにリンをイオンドーピング法で注入した試料、リンを注入した後にアルゴンを注入した試料、アルゴンのみを注入した試料をそれぞれ作製し、これらを比較評価した。この時、リンの注入条件は、水素で希釈された 5% の PH_3 を用い、加速電圧 80 keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とした。注入に要する時間は約 8 分であり、結晶質半導体膜には平均濃度で $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のリンを注入することができる。一方、アルゴンは 90 keV の加速電圧で、 2×10^{15} または $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量で注入した。アルゴンは 99.9999% 以上のものを用い、注入に要する時間は 1～2 分でよかった。

【0091】

ゲッタリングは窒素雰囲気中、550℃にて 4 時間の加熱処理をもって行った。ゲッタリング後、酸化珪素膜を除去した後、FPM で処理した。ゲッタリングの効果は、結晶質半導体膜の被ゲッタリング領域におけるエッチピットの数により確認した。即ち、添加したニッケルの大部分はニッケルシリサイドとして結晶質半導体膜に残存するが、これは FPM (フッ酸、過酸化水素水、純水の混合液) によりエッチングされることが知られている。従って、被ゲッタリング領域を FPM で処理してエッチピットの有無を確認することにより、ゲッタリングの効果を確認することができる。この場合、エッチピットの数が少ない程、ゲッタリングの効果が高いことを意味する。図 7 にエッチピットが形成された試料の簡略図を示す。なお、図 7 中、ドーピング領域とはアルゴンまたはリンが添加された領域を

示している。ゲッターリングされた領域（被ゲッターリング領域）に存在するエッチピットの数光学顕微鏡で見ながらカウントしてエッチピット密度を得た。

【0092】

図6にその結果を示す。図6において、Pと示した試料は、リンのみを添加した試料であり、この試料のリンの注入条件は、水素で希釈された5%の PH_3 を用い、加速電圧80keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とした。また、図6において、P+Ar(1min)と示した試料は、リンとアルゴンとを添加した試料であり、この試料のリンの注入条件は、水素で希釈された5%の PH_3 を用い、加速電圧80keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とし、アルゴンの注入条件は、90keVの加速電圧で、 $2 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量とし、アルゴンの注入に要する時間を1分とした。また、図6において、P+Ar(2min)と示した試料は、リンとアルゴンとを添加した試料であり、この試料のリンの注入条件は、水素で希釈された5%の PH_3 を用い、加速電圧80keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とし、アルゴンの注入条件は、90keVの加速電圧で、 $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量とし、アルゴンの注入に要する時間を2分としたものである。また、図6において、Arと示した試料は、アルゴンのみを添加した試料であり、この試料のアルゴンの注入条件は、90keVの加速電圧で、 $2 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量とした。

【0093】

図6の実験結果より、リンのみを添加した試料が 3.5×10^{-3} 個/ μm^2 のエッチピット密度であるのに対し、アルゴンを添加してゲッターリングした試料はエッチピット数は 5×10^{-4} 個/ μm^2 以下であり、その数が極端に減少していることが解る。この結果は、アルゴンを注入することによりゲッターリングの効果が極端に高められることを意味し、本発明の非金属元素（B、Si、P、As、He、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた1種または複数種）を用いたゲッターリングが極めて有効であることを示している。

【0094】

[実施例2]

本実施例では、アルゴンを添加してゲッターリングした後、レーザー照射を行った

例を示す。

【0095】

まず、実施例1と同様に試料を作製する。半導体膜は50nmの非晶質シリコン膜に10ppmの酢酸ニッケル含有水溶液を塗布した後、500℃にて1時間の脱水素処理と、550℃にて4時間の加熱処理により結晶化させた結晶質半導体膜を用いた。この結晶化半導体膜をパターニングした後、90nmの酸化珪素膜を形成した。次いで、90nmの酸化珪素膜を通過させて、結晶質半導体膜にリンを注入した後にアルゴンを注入した。この時、リンの注入条件は、水素で希釈された5%の PH_3 を用い、加速電圧80keV、ドーズ量 $1.5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ とした。注入に要する時間は約8分であり、結晶質半導体膜には平均濃度で $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のリンを注入することができる。一方、アルゴンは90keVの加速電圧で、 2×10^{15} または $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量で注入した。次いで、窒素雰囲気中、550℃にて4時間の加熱処理を行ってゲッタリングを行った。

【0096】

次いで、レーザーエネルギーの条件をふり、エキシマレーザー光を照射した。その後、シート抵抗を測定した実験結果を図8に示す。

【0097】

図8に示したようにレーザー光を照射することによって、シート抵抗値をデバイス特性上、問題ないレベルにまで低減することができた。

【0098】

なお、本実施例ではレーザー光としてパルス発振型のエキシマレーザーを用いたが、特に限定されず、連続発光型のエキシマレーザーやYAGレーザー、YVO₄レーザーを用いてもよい。また、レーザーアニール法に代えてラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用してもよい。

【0099】

なお、本実施例は、実施の形態1乃至実施の形態7のいずれか一と組み合わせることが可能である。

【0100】

[実施例3]

本実施例ではダブルゲートのTFTに適用し、ダブルゲートのTFTを画素部のTFTに用いたアクティブマトリクス基板を作製する例を示す。

【0101】

まず、絶縁表面を有する基板401上に導電膜を形成し、パターニングを施すことにより走査線402を形成する。この走査線402は後に形成される活性層を光から保護する遮光層としても機能する。ここでは基板401として石英基板を用い、走査線402としてポリシリコン膜（膜厚50nm）とタングステンシリサイド（W-Si）膜（膜厚100nm）の積層構造を用いた。また、ポリシリコン膜はタングステンシリサイドから基板への汚染を保護するものである。

【0102】

次いで、走査線402を覆う絶縁膜403a、403bを膜厚100～1000nm（代表的には300～500nm）で形成する。ここではCVD法を用いた膜厚100nmの酸化シリコン膜とLPCVD法を用いた膜厚280nmの酸化シリコン膜を積層させた。

【0103】

次いで、非晶質半導体膜を膜厚10～100nmで形成する。ここでは膜厚69nmの非晶質シリコン膜（アモルファスシリコン膜）をLPCVD法を用いて形成した。次いで、この非晶質半導体膜を結晶化させる技術として特開平8-78329号公報記載の技術を用いて結晶化させた。同公報記載の技術は、非晶質シリコン膜に対して結晶化を助長する金属元素を選択的に添加し、加熱処理を行うことで添加領域を起点として広がる結晶質シリコン膜を形成するものである。ここでは結晶化を助長する金属元素としてニッケルを用い、脱水素化のための熱処理（450℃、1時間）の後、結晶化のための熱処理（600℃、12時間）を行った。

【0104】

次いで、TFTの活性層とする領域からNiをゲッタリングするためのゲッタリングサイト404bを形成する。TFTの活性層とする領域をマスク（酸化窒化シリコン膜）400で覆い、結晶質シリコン膜の一部に希ガス元素、ここではアルゴン（Ar）を添加する。（図9（A））なお、このマスク400は後の結

晶質シリコン膜のパターニングにも使用する。また、本実施例のように希ガス元素のみを添加した場合、リンを添加した場合に比べてTFTの電気特性等に与える影響が小さいため、TFTの活性層とする領域を微小なサイズとすることが可能となる。従って、さらなるTFTの微細設計が可能となる。

【0105】

また、マスク400を形成する際に使用したレジストマスクを残した状態で希ガスを添加してもよい。

【0106】

また、希ガス元素に加え、周期表15族元素、周期表13族元素、シリコン、水素から選ばれた一種または複数種を添加してもよい。

【0107】

次いで、TFTの活性層とする領域からNiをゲッタリングする熱処理（窒素雰囲気下で550℃、4時間）を行った。（図9（B））この熱処理により結晶質シリコン膜に含まれる金属（Ni）がTFTの活性層とする領域から図9（B）中の矢印の方向に移動してゲッタリングサイト（希ガス元素が添加された領域）に捕獲され、ゲッタリングサイト以外の結晶質シリコン膜から金属（Ni）を除去または低減する。

【0108】

次いで、マスクを除去した後、パターニングを行い結晶質シリコン膜の不要な部分を除去して、半導体層404を形成する。（図9（C1））なお、半導体層404を形成した後の画素上面図を図9（C2）に示す。図9（C2）において、点線A-A'で切断した断面図が図9（C1）に相当する。

【0109】

次いで、保持容量を形成するため、マスク405を形成して半導体層の一部（保持容量とする領域）406にリンをドーピングする。（図10（A））

【0110】

次いで、マスク405を除去し、半導体層を覆う絶縁膜を形成した後、マスク407を形成して保持容量とする領域406上の絶縁膜を除去する。（図10（B））

【0111】

次いで、マスク407を除去し、熱酸化を行って絶縁膜（ゲート絶縁膜）408aを形成する。この熱酸化によって最終的なゲート絶縁膜の膜厚は80nmとなった。なお、保持容量とする領域上に他の領域より薄い絶縁膜408bを形成した。（図10（C1））ここでの画素上面図を図10（C2）に示す。図10（C2）において、点線B-B'で切断した断面図が図10（C1）に相当する。また、図10中の鎖線内で示した領域は、薄い絶縁膜408bが形成されている部分である。

【0112】

次いで、TFTのチャネル領域となる領域にp型またはn型の不純物元素を低濃度に添加するチャネルドーブ工程を全面または選択的に行った。このチャネルドーブ工程は、TFTしきい値電圧を制御するための工程である。なお、ここではジボラン（ B_2H_6 ）を質量分離しないでプラズマ励起したイオンドーブ法でボロンを添加した。もちろん、質量分離を行うイオンインプランテーション法を用いてもよい。

【0113】

次いで、絶縁膜408a、及び絶縁膜403a、403b上にマスク409を形成し、走査線402に達するコンタクトホールを形成する。（図11（A））そして、コンタクトホールの形成後、マスクを除去する。

【0114】

次いで、導電膜を形成し、パターニングを行ってゲート電極410および容量配線411を形成する。（図11（B））ここでは、リンがドーブされたシリコン膜（膜厚150nm）とタングステンシリサイド（膜厚150nm）との積層構造を用いた。なお、保持容量は、絶縁膜408bを誘電体とし、容量配線411と半導体層の一部406とで構成されている。

【0115】

次いで、ゲート電極410および容量配線411をマスクとして自己整合的にリンを低濃度に添加する。（図11（C1））ここでの画素上面図を図11（C2）に示す。図11（C2）において、点線C-C'で切断した断面図が図11

(C1) に相当する。この低濃度に添加された領域のリンの濃度が、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、代表的には $3 \times 10^{17} \sim 3 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ となるように調整する。

【0116】

次いで、マスク412を形成してリンを高濃度に添加し、ソース領域またはドレイン領域となる高濃度不純物領域413を形成する。(図12(A)) この高濃度不純物領域のリンの濃度が $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ (代表的には $2 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$) となるように調整する。

なお、半導体層404のうち、ゲート電極410と重なる領域はチャネル形成領域414となり、マスク412で覆われた領域は低濃度不純物領域415となりLDD領域として機能する。そして、不純物元素の添加後、マスク412を除去する。

【0117】

次いで、ここでは図示しないが、画素と同一基板上に形成される駆動回路に用いるpチャネル型TFTを形成するために、マスクでnチャネル型TFTとなる領域を覆い、ボロンを添加してソース領域またはドレイン領域を形成する。

【0118】

次いで、マスク412を除去した後、ゲート電極410および容量配線411を覆うパッシベーション膜416を形成する。ここでは、酸化シリコン膜を70nmの膜厚で形成した。次いで、半導体層にそれぞれの濃度で添加されたn型またはp型不純物元素を活性化するための熱処理工程を行う。ここでは850℃、30分の加熱処理を行った。

【0119】

次いで、有機樹脂材料からなる層間絶縁膜417を形成する。ここでは膜厚400nmのアクリル樹脂膜を用いた。次いで、半導体層に達するコンタクトホールを形成した後、電極418及びソース配線419を形成する。本実施例では電極418及びソース配線419を、Ti膜を100nm、Tiを含むアルミニウム膜を300nm、Ti膜150nmをスパッタ法で連続して形成した3層構造の積層膜とした。(図12(B1)) なお、図12(B2)において点線D-D

で切断した断面図が図12(B1)に相当する。

【0120】

次いで、水素化処理をおこなった後、アクリルからなる層間絶縁膜420を形成する。(図13(A1))次いで、層間絶縁膜420上に遮光性を有する導電膜100nmを成膜し、遮光層421を形成する。次いで、層間絶縁膜422を形成する。次いで、電極418に達するコンタクトホール形成する。次いで、100nmの透明導電膜(ここでは酸化インジウム・スズ(ITO)膜)を形成した後、パターニングして画素電極423、424を形成する。図13(A2)において、点線E-E'で切断した断面図が図13(A1)に相当する。

【0121】

こうして画素部には、表示領域(画素サイズ $26\mu\text{m}\times 26\mu\text{m}$)の面積(開口率76.5%)を確保しつつ、nチャネル型TFTでなる画素TFTが形成され、十分な保持容量(51.5fF)を得ることができる。

【0122】

なお、本実施例は一例であって本実施例の工程に限定されないことはいうまでもない。例えば、各導電膜としては、タンタル(Ta)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、クロム(Cr)、シリコン(Si)から選ばれた元素、または前記元素を組み合わせた合金膜(代表的には、Mo-W合金、Mo-Ta合金)を用いることができる。また、各絶縁膜としては、酸化シリコン膜や窒化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜や有機樹脂材料(ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)等)膜を用いることができる。

【0123】

以上の様にして、nチャネルTFT及び保持容量とを有する画素部と、nチャネル型TFT及びpチャネル型TFTからなるCMOS回路を有する駆動回路(図示しない)とを同一基板上に形成することができる。本明細書中ではこのような基板を便宜上アクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0124】

次いで、得られたアクティブマトリクス基板から、液晶モジュールを作製する

工程を以下に説明する。

【0125】

図13のアクティブマトリクス基板上に配向膜を形成しラビング処理を行う。なお、本実施例では配向膜を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターンニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサを所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0126】

次いで、対向基板を用意する。この対向基板には、着色層、遮光層が各画素に対応して配置されたカラーフィルタが設けられている。また、駆動回路の部分にも遮光層を設けた。このカラーフィルタと遮光層とを覆う平坦化膜を設けた。次いで、平坦化膜上に透明導電膜からなる対向電極を画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜を形成し、ラビング処理を施した。

【0127】

そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材で貼り合わせる。シール材にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料を注入し、封止剤によって完全に封止する。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして液晶モジュールが完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、公知の技術を用いて偏光板等を適宜設けた。そして、公知の技術を用いてFPCを貼りつけた。

【0128】

以上のようにして作製される液晶モジュールは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0129】

なお、本実施例は、実施の形態1乃至実施の形態7のいずれか一と組み合わせることが可能である。

【0130】

[実施例 4]

本発明の有効性を確認するため、非金属元素 (B、Si、P、As、He、Ne、Ar、Kr、Xe から選ばれた 1 種または複数種) のうち、アルゴン (Ar) を用い、以下の実験を行った。

【0131】

基板上に 400 nm の膜厚で非晶質シリコン膜を形成し、非晶質シリコン膜表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素 (ニッケル) を添加した。重量換算で 100 ppm のニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層を形成した。次いで、500℃、1 時間の熱処理を行った後、さらに 50℃、12 時間の熱処理を行って結晶構造を有するシリコン膜を形成した。

【0132】

こうして得られた結晶構造を有するシリコン膜にアルゴン元素を添加した。ここではイオンドーピング法を用い、原料ガスとしてアルゴンガスを用い、加速電圧 10 keV、流量 50 sccm、電流密度 $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{atoms}/\text{cm}^2$ とした。なお、このドーピング条件ではアルゴン元素は表面から約 0.05 μm 程度にまでしか添加されない。

【0133】

添加後のアルゴン元素の濃度分布 (SIMS 測定による) とニッケル元素の濃度分布 (SIMS 測定による) とをアニール前の実線として図 14、図 15 にそれぞれ示した。なお、図 14、図 15 において横軸は深さ、縦軸は濃度を示している。

【0134】

次いで、550℃、4 時間の熱処理 (アニール) を行い、ゲッタリングさせた。

【0135】

アニール後のアルゴン元素濃度の分布 (SIMS 測定による) とニッケル元素の濃度分布 (SIMS 測定による) とをアニール後の点線として図 14、図 15 にそれぞれ示した。

【0136】

図 14、図 15 の実験結果より、アニール前後でアルゴン元素の濃度分布に変

化はみられないが、アニール前後でニッケル元素の濃度分布が変化していることが分かる。

【0137】

アルゴン元素が添加されている約 $0.05\mu\text{m}$ 程度までの領域では、アニール後でニッケル濃度が最大で $6 \times 10^{19}\text{atoms/cm}^3$ となっている。また、アルゴン元素が添加されていない領域においては、アニール前で約 $5 \times 10^{18}\text{atoms/cm}^3$ であったのが、アニール後で約 $1 \times 10^{18}\text{atoms/cm}^3$ 、最低で $4 \times 10^{17}\text{atoms/cm}^3$ にまで低減されている。

【0138】

この結果は、アニール処理を行うことによって、アルゴンが添加された表面から約 $0.05\mu\text{m}$ 程度までの領域がゲッタリングサイトとしてはたらき、膜中のニッケル元素がゲッタリングサイトに移動し、アルゴンが添加されていない領域のニッケル元素を低減させたことを意味している。

【0139】

即ち、本実施例の実験結果は、アルゴンを注入した後アニールを行うゲッタリングの効果が極端に高いことを意味し、本発明の非金属元素（B、Si、P、As、He、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた1種または複数種）を用いたゲッタリングが極めて有効であることを示している。

【0140】

また、アルゴン元素の濃度が変化しないことから、アルゴン元素が添加されたゲッタリングサイトをそのまま半導体層の一部としてTFTを作製する場合、ゲッタリング後のTFTの作製工程における熱処理で引き続きゲッタリング効果を得ることができる。また、完成したTFTを駆動した場合に発生する熱によってもゲッタリングサイトが加熱され引き続きゲッタリング効果を得ることもできる。

【0141】

[実施例5]

実施例3では透過型の例を示したが、本実施例では反射型の例を図16に示す。本実施例では、画素部のTFTのドレイン領域と接続する画素電極を反射電極

とした。

【0142】

実施例3における電極418を画素電極とし、画素電極となる反射電極1001を形成する。この反射電極は、AlまたはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いる。また、画素電極を形成した後、公知のサンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させることが好ましい。

【0143】

なお、本実施例は、実施の形態1乃至実施の形態7のいずれか一と組み合わせることが可能である。

【0144】

[実施例6]

本発明を実施して形成された結晶質半導体膜は、TFTの活性層に用いられ、そのTFTは様々なモジュール（液晶表示装置、発光型表示装置、アクティブマトリクス型ECディスプレイ、DMD (digital micromirror device) 等）に用いることができる。即ち、それらモジュールを表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

【0145】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明における希ガス元素を半導体膜に注入して行うイントリンシックゲッタリングは、結晶質半導体膜中に残存する金属元素をゲッタリングさせる効果が極めて高い。これは、触媒作用のある金属元素を用いて作製される結晶質半導体膜の高純度化に寄与するばかりでなく、結晶質半導体膜を用いる半導体装置の生産性の向上にも寄与することができる。即ち、希ガス元素は不活性気体であり、イオンドーピングにおいても取り扱いが容易である。また、ドーピングに要する時間も短時間で済むなどの特徴を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 2】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 3】 希ガス元素を用いたゲッタリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

【図 4】 希ガス元素を用いたゲッタリング方法を用いる半導体装置の作製方法を説明する図。

【図 5】 イオンドープ法により注入される希ガス元素の適した濃度分布を説明する図。

【図 6】 ゲッタリング後の F P M 処理により観察されるエッチピット密度を示すグラフ。(実施例 1)

【図 7】 ゲッタリング後の F P M 処理により観察されるエッチピットを示す簡略図。(実施例 1)

【図 8】 ゲッタリング後にレーザー処理を施した抵抗値を示すグラフ。

【図 9】 画素部の作製工程断面図および上面図。

【図 1 0】 画素部の作製工程断面図および上面図。

【図 1 1】 画素部の作製工程断面図および上面図。

【図 1 2】 画素部の作製工程断面図および上面図。

【図 1 3】 画素部の作製工程断面図および上面図。

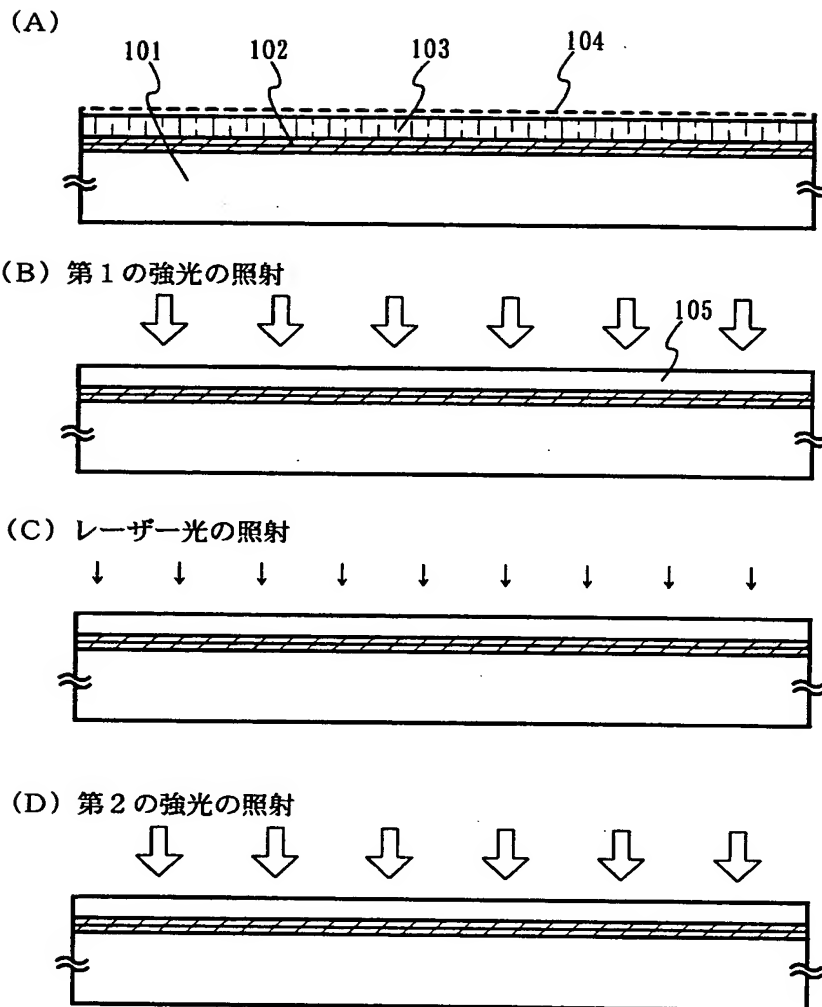
【図 1 4】 アニール前後での深さ方向におけるアルゴン濃度プロファイルを示す図。

【図 1 5】 アニール前後での深さ方向におけるニッケル濃度プロファイルを示す図。

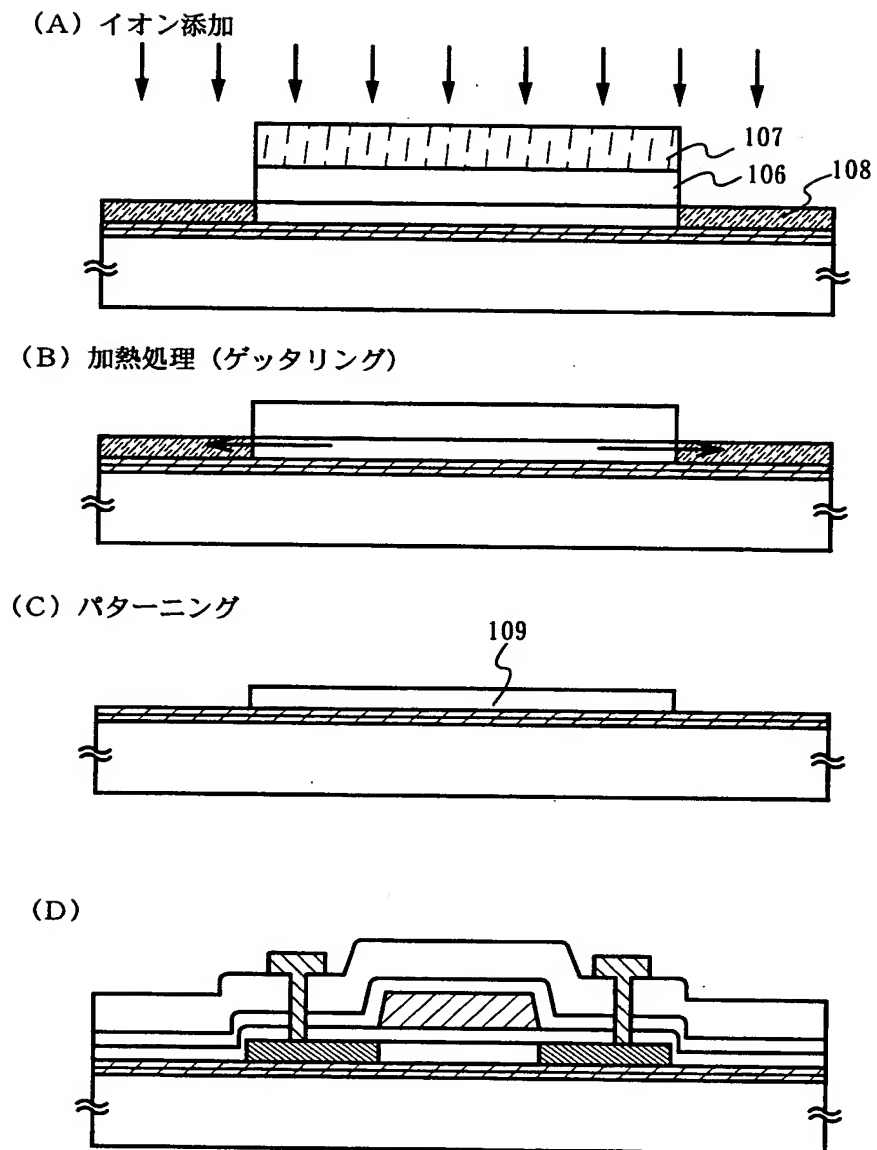
【図 1 6】 画素部の断面図。

【書類名】 図面

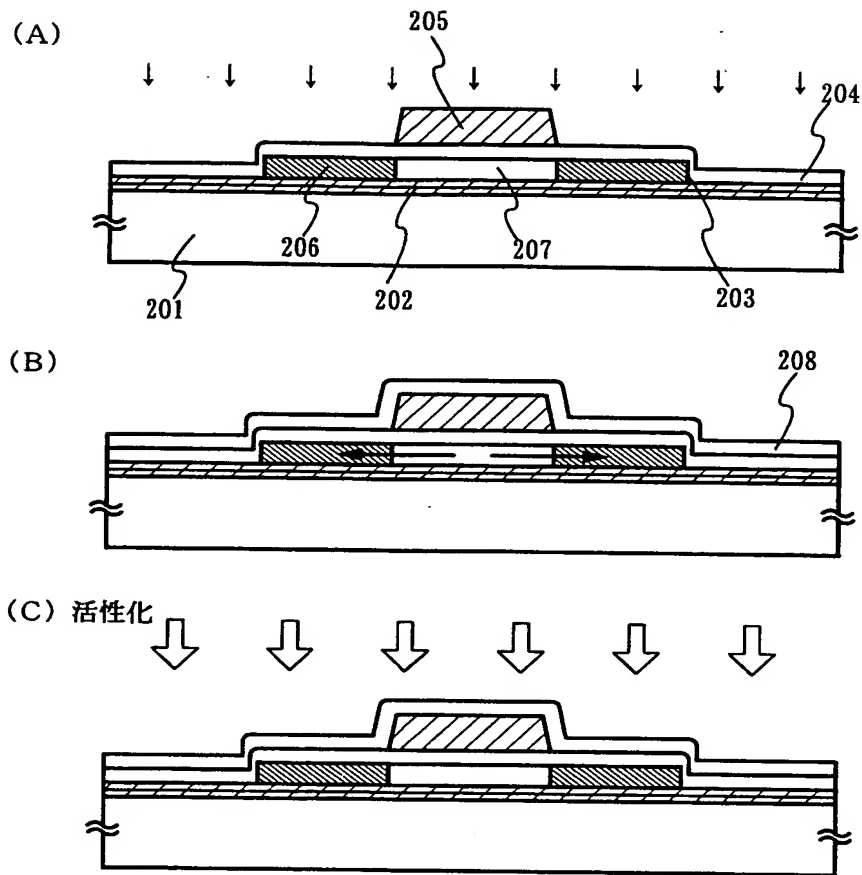
【図 1】



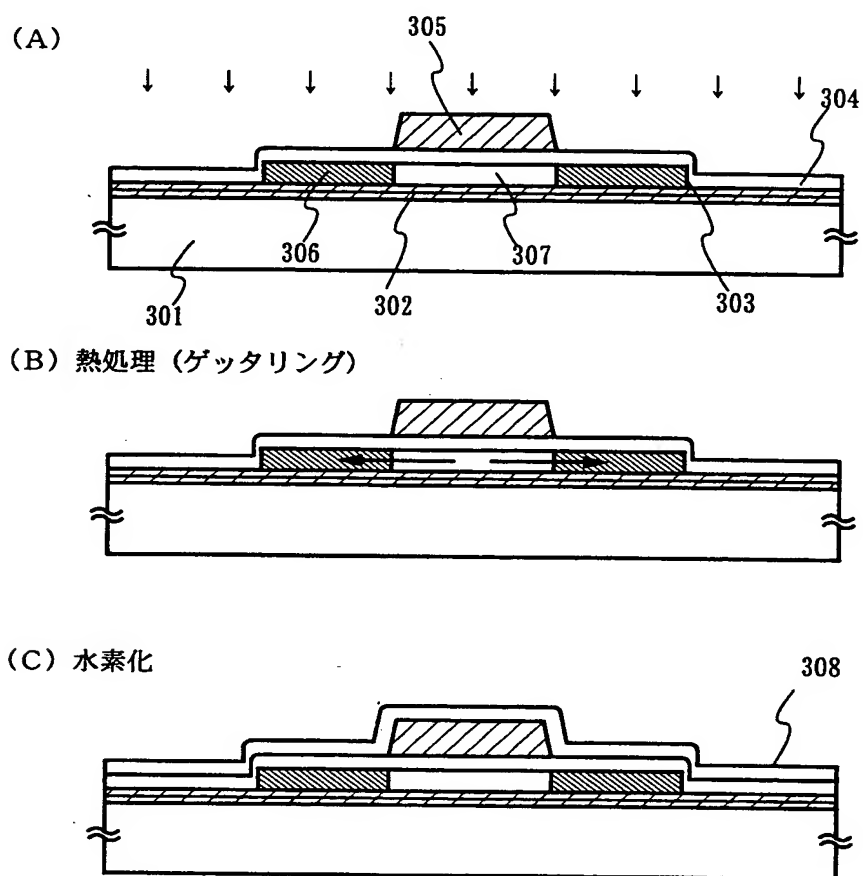
【図2】



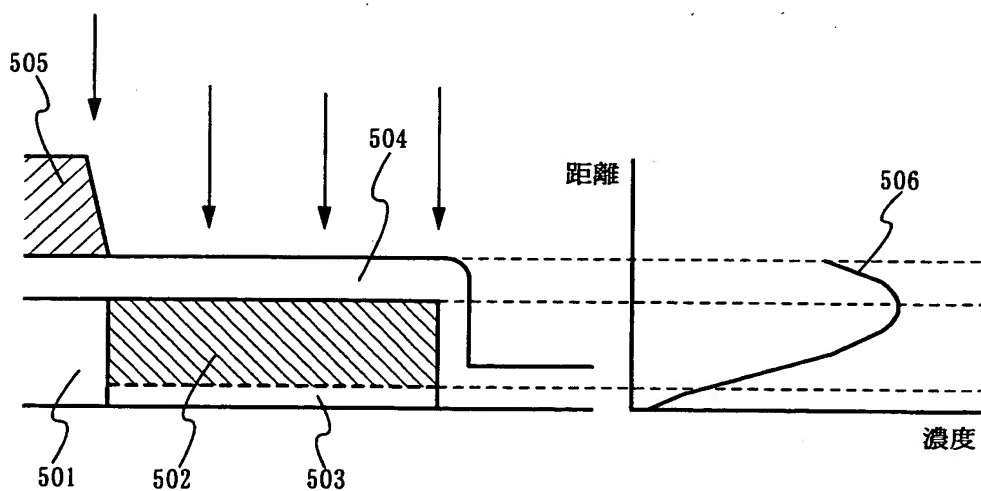
【図 3】



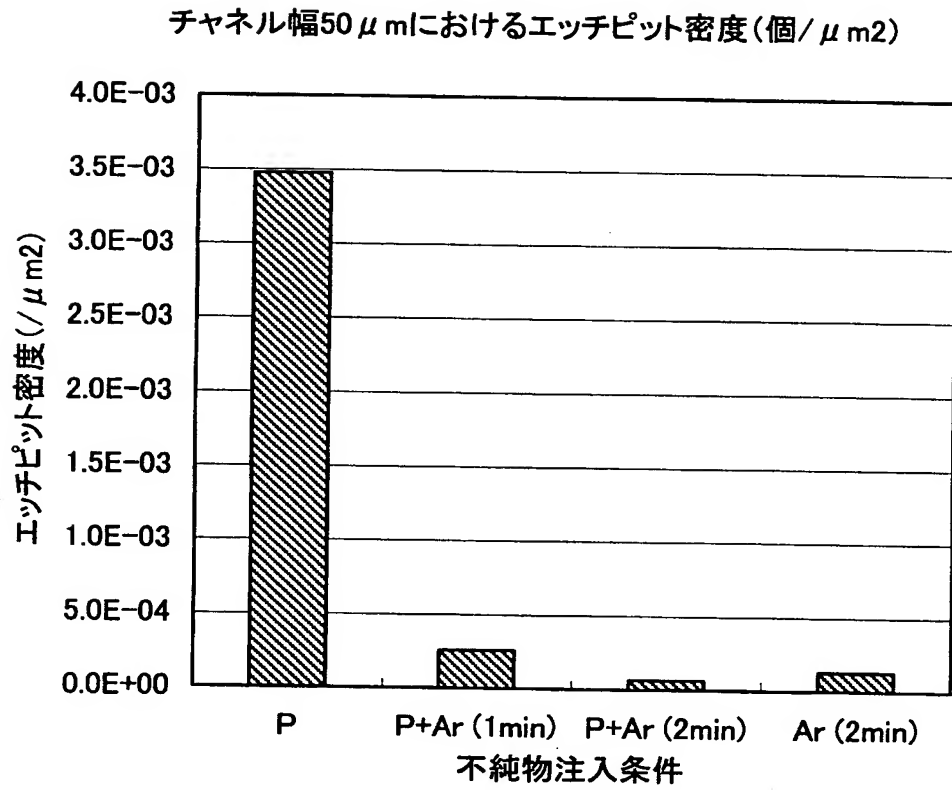
【図 4】



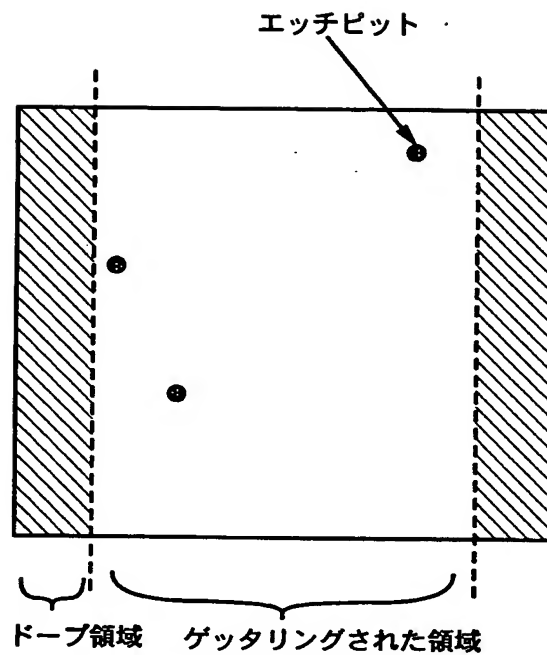
【図 5】



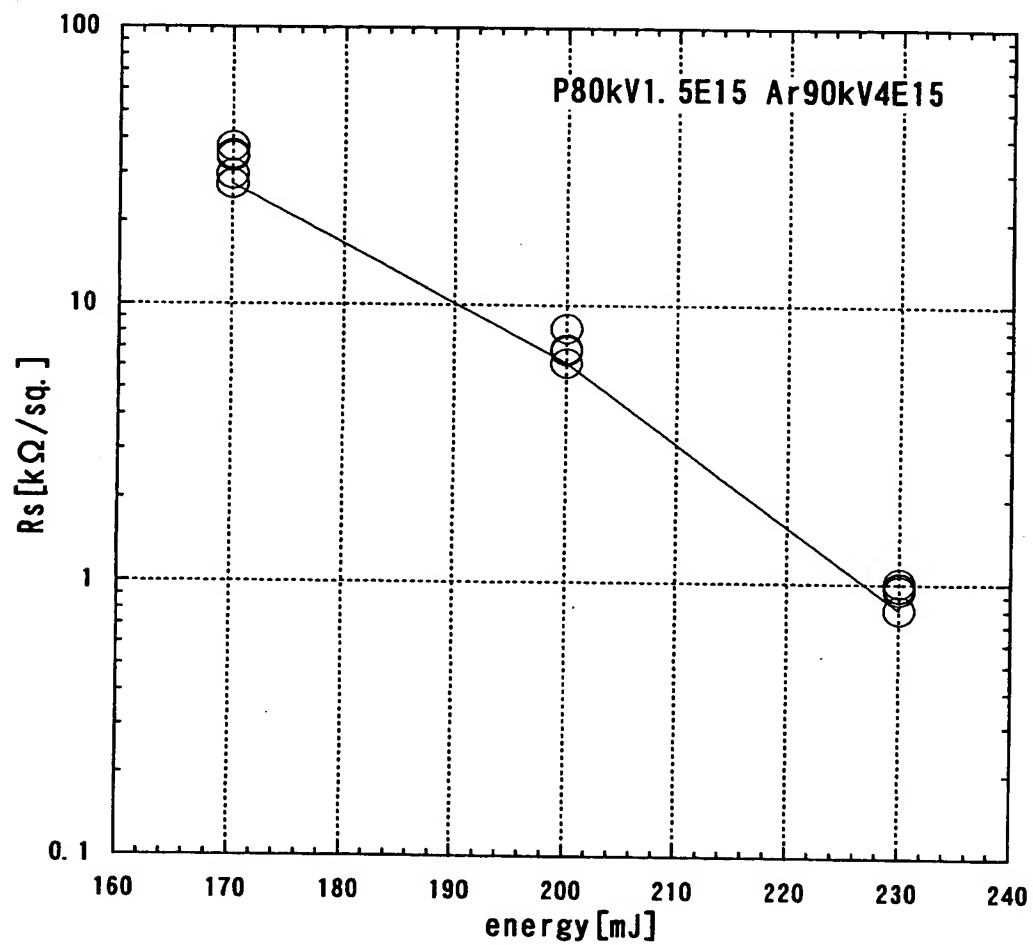
【図 6】



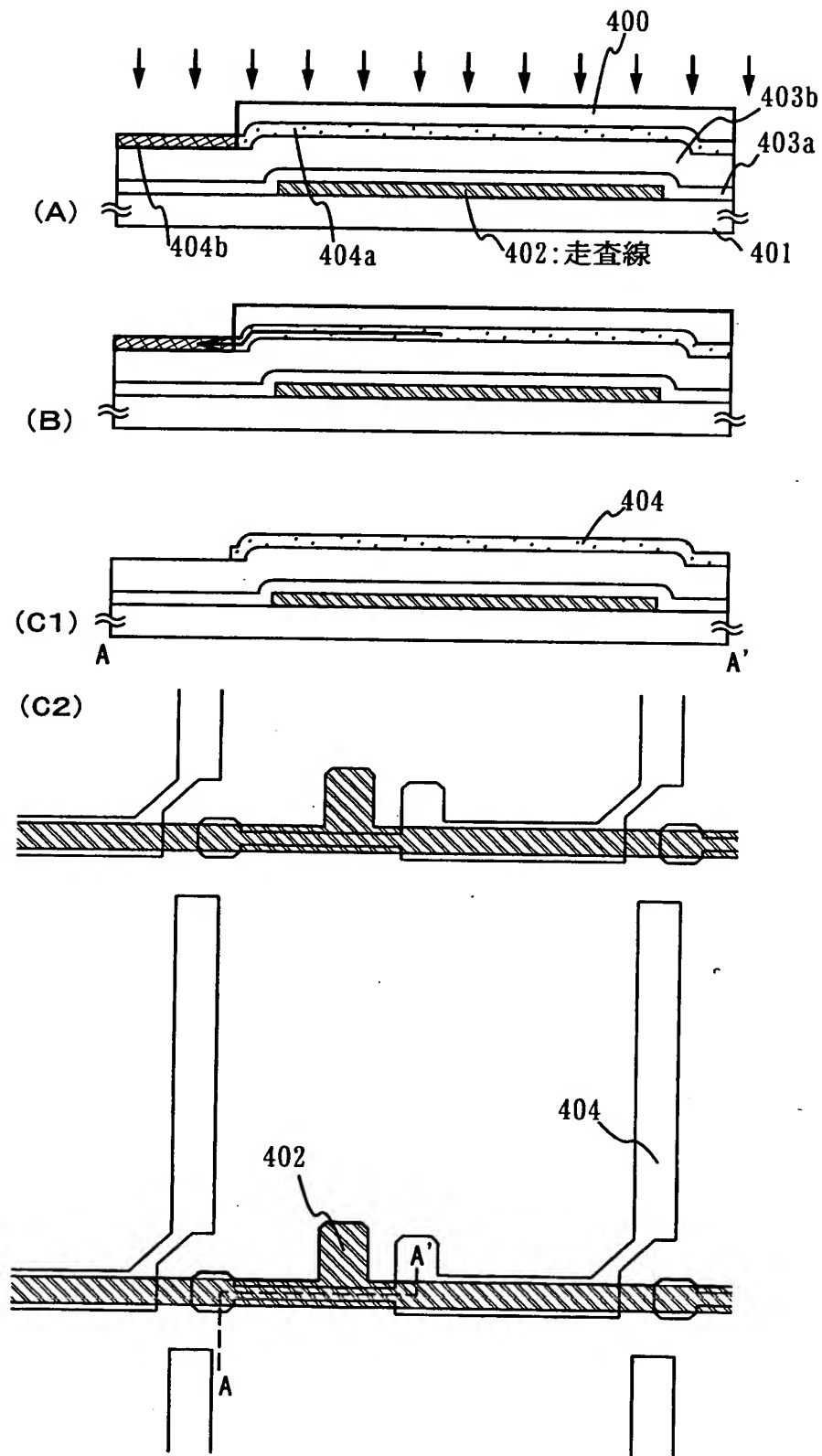
【図7】



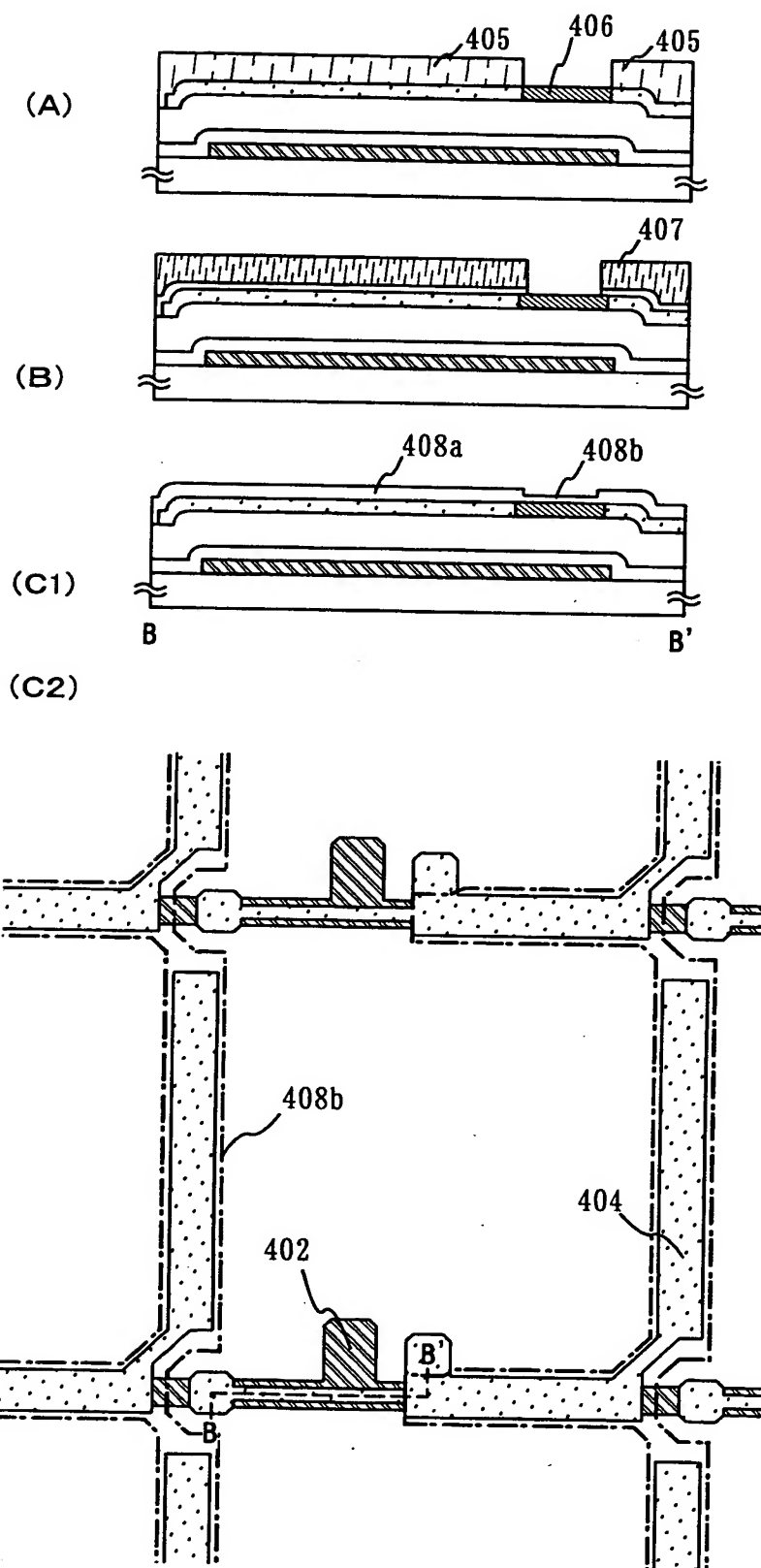
【図 8】



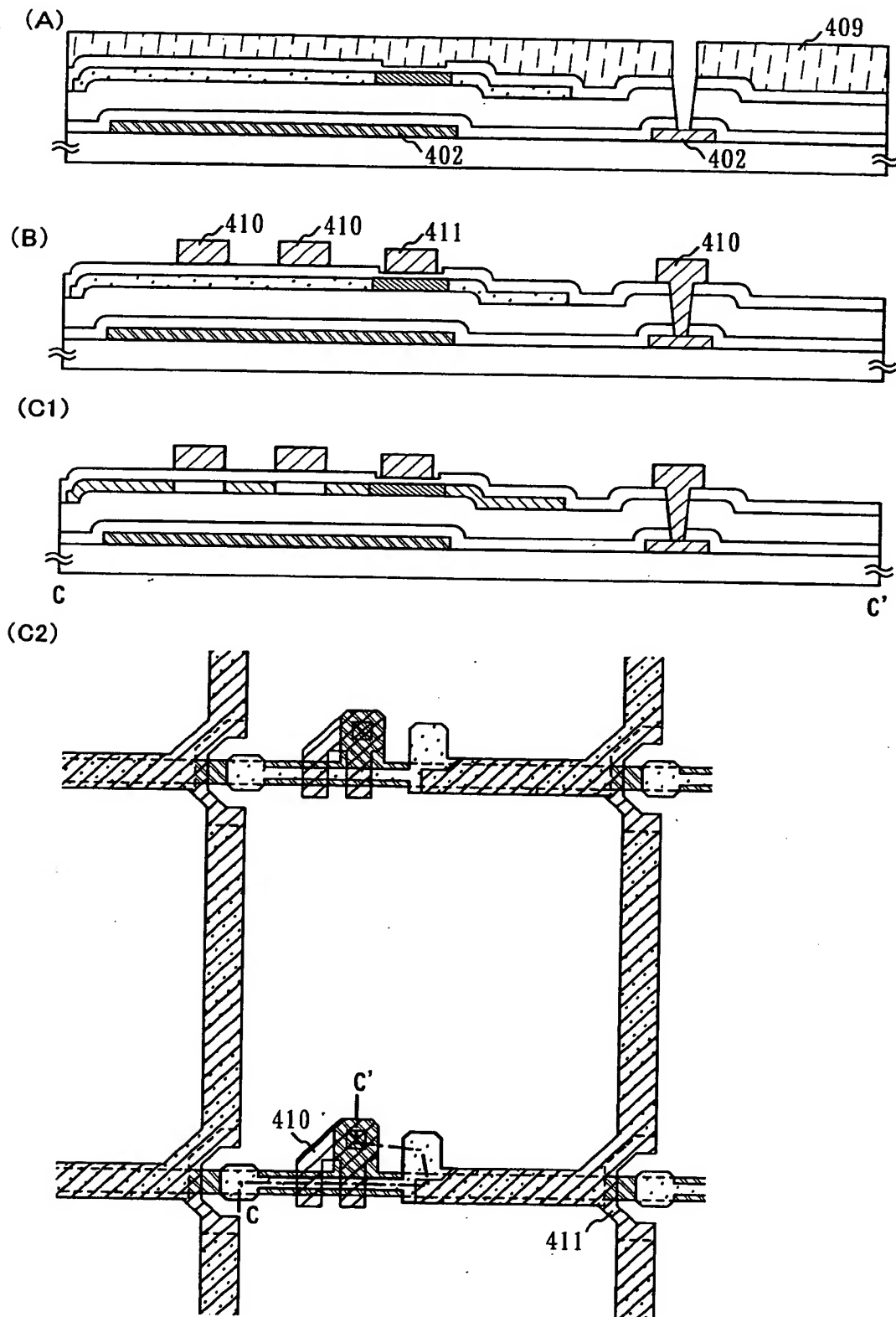
【図 9】



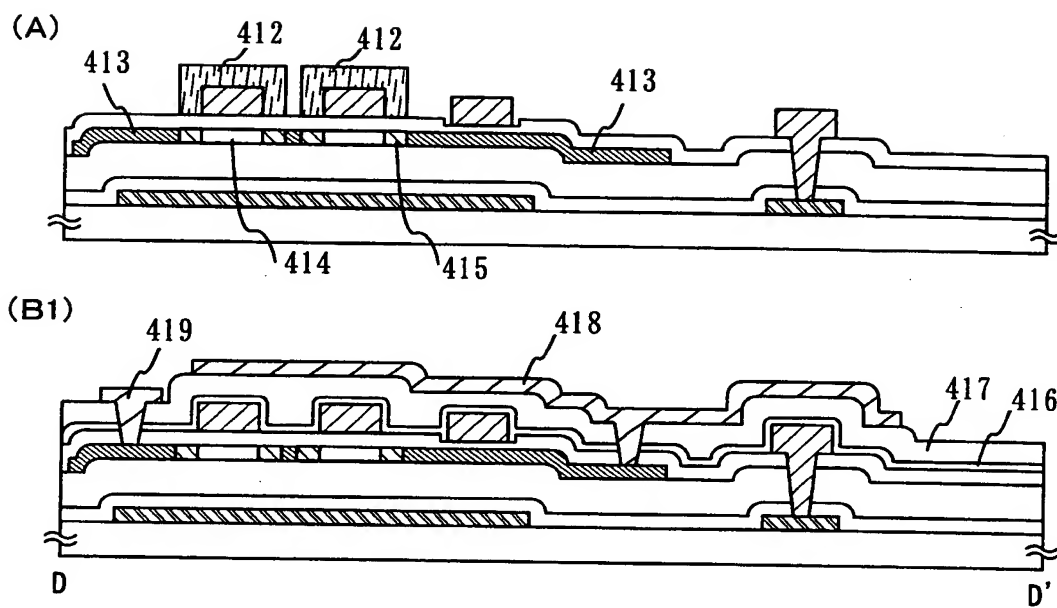
【図10】



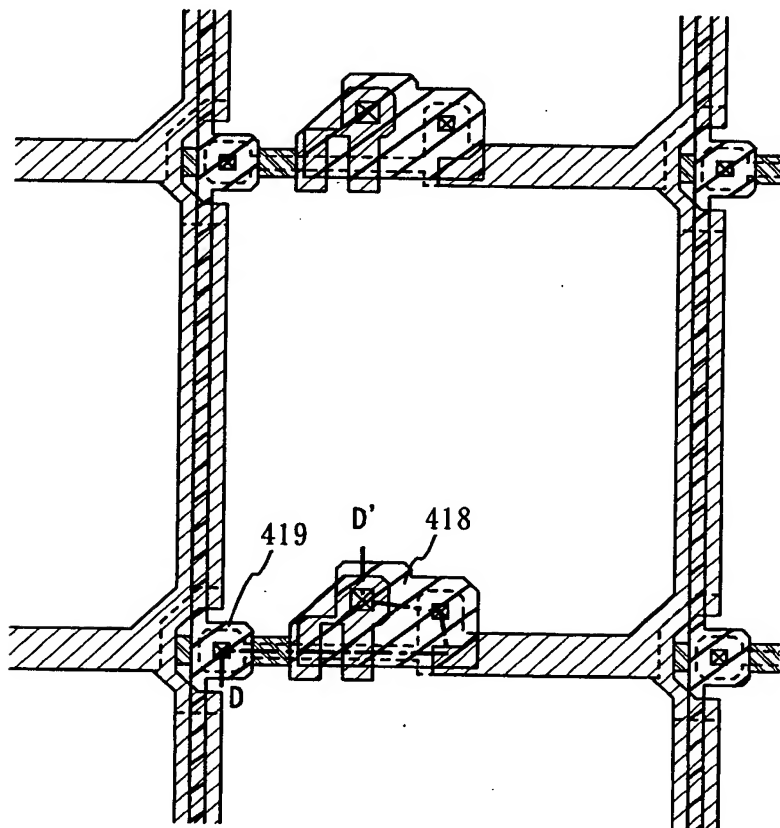
【図 11】



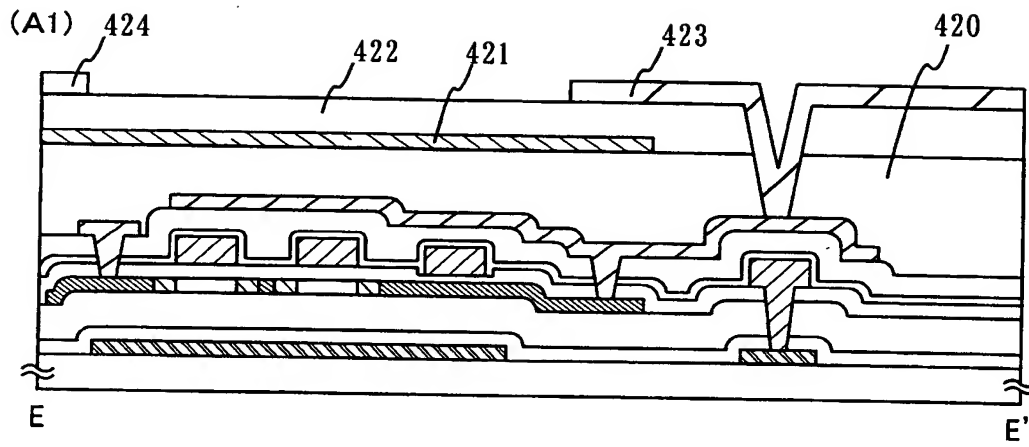
【図 12】



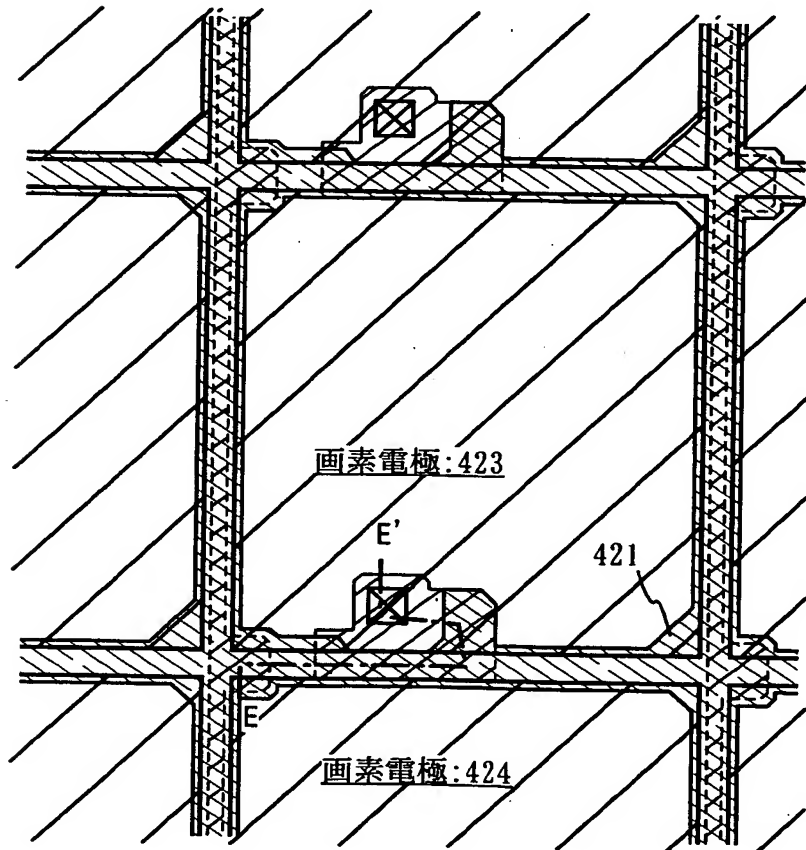
(B2)



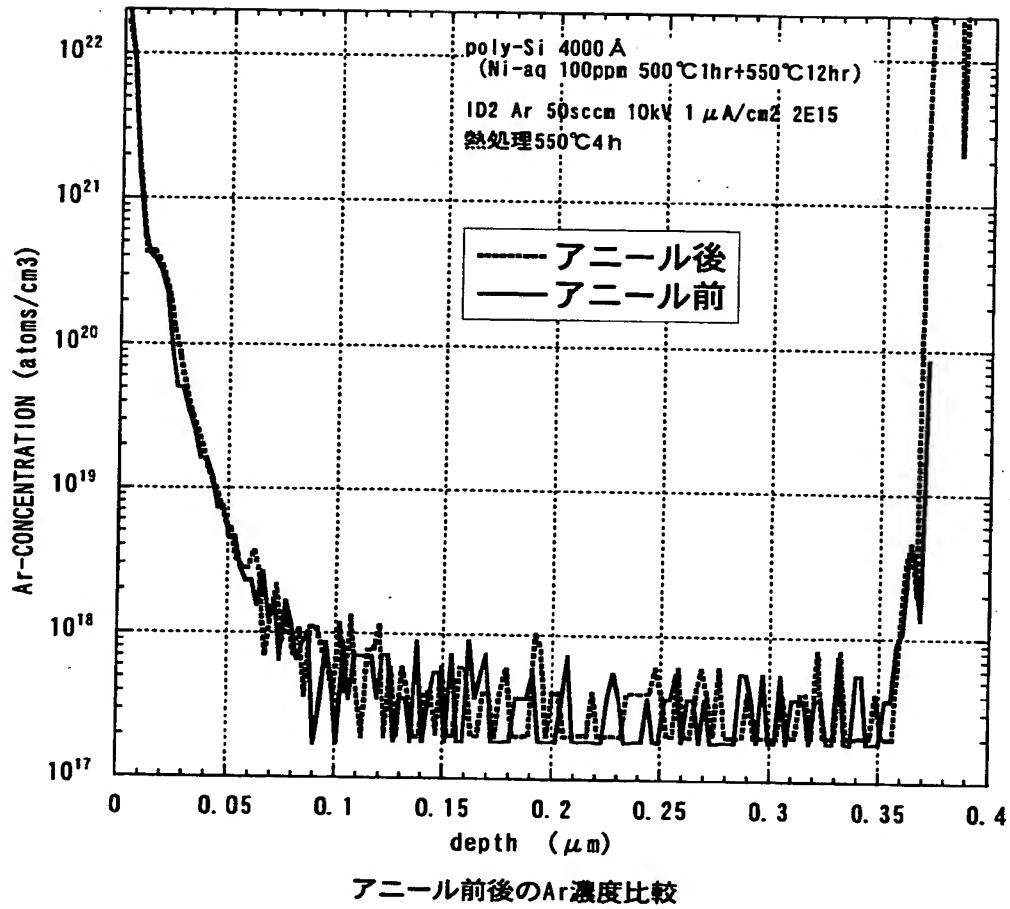
【図13】



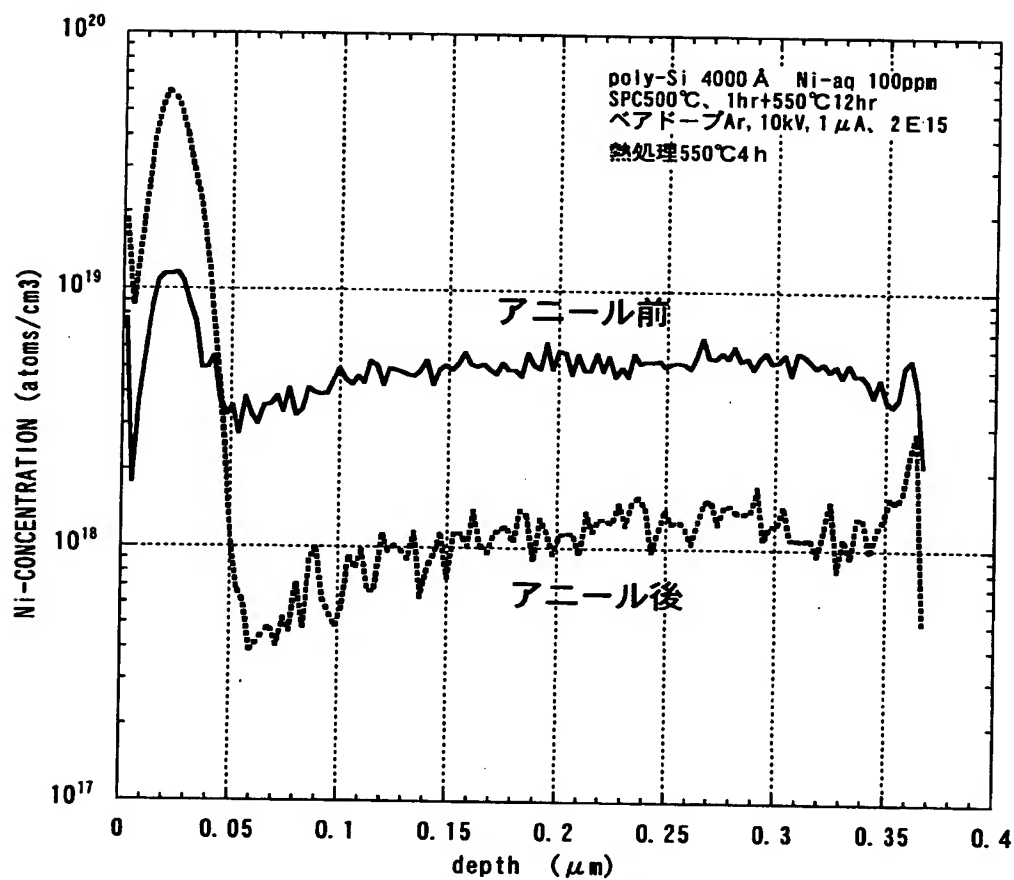
(A2)



【図 14】

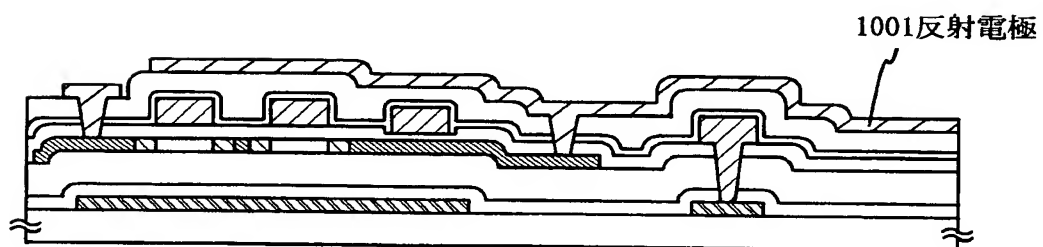


【図15】



アニール前後のNi濃度比較

【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リンはイオンドープ法で結晶質半導体膜に注入するが、ゲッタリングのために必要なリン濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上であり、その後のアニールによる再結晶化の妨げとなり問題となっている。

【解決手段】 本発明は結晶構造を有する半導体膜に、希ガス元素を添加した不純物領域を形成し、加熱処理または強光照射により前記不純物領域に半導体膜に含まれる金属元素を偏析させるゲッタリングを行うことを特徴としている。また、当該不純物領域には一導電型の不純物が含まれていても良い。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日	1990年 8月17日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所